Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall - Winter 2021, p. 187-197

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۱۹۷-۱۸۷

مقاله علمی-پژوهشی

اثر زاویه حمله بر عملکرد یک تیغه باریک تغییریافته

بهنام صوری دمیرچی سفلی[1]، سید حسین کارپرورفرد[2*]، علی رنجبر کریم‌آبادی[3]، هادی عظیمی نژادیان[4]، عقیل مؤذنی کلات[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶

چکیده

خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات مزرعه‌ای است که به‌منظور بهبود ساختار و شرایط فیزیکی خاک و کمک به تهیه بستر مناسب رشد گیاه انجام می‌شود. خاک‌ورزی حفاظتی یکی از روش‌های خاک‌ورزی است که سبب کاهش هزینه‌های خاک‌ورزی می‌گردد. در خاک‌ورزی حفاظتی، تیغه مورد استفاده جهت انجام خاک‌ورزی، اهمیت بسیاری دارد. هدف از این پژوهش، تعیین زاویه حمله بهینه تیغه باریک تغییریافته در دو حالت بدون باله و باله‌دار، در خاک مزرعه می‌باشد. سه زاویه حمله تیغه (۲۰ ، ۲۵ و ۳۰) درجه، دو سطح عمق خاک‌ورزی (۱۵ و ۲۰) سانتی‌متر و دو سطح سرعت پیشروی (۲ و ۳) کیلومتر بر ساعت تیمارهای این پژوهش بودند. پارامترهای اندازه‌گیری شده در این پژوهش؛ نیروی مقاومت کششی، مصرف سوخت تراکتور، لغزش چرخ محرک تراکتور، سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک، سطح مقطع بالاآمده خاک و مقاومت ویژه خاک‌ورز بودند. آزمایش‌های مزرعه‌ای در طرح آماری کرت‌های دو بار خردشده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گردید. به‌منظور تعیین مقادیر بهینه تیمارهای ذکر شده، از روش رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد. مقادیر بهینه زاویه حمله تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی تراکتور، به‌ترتیب برای حالت تیغه بدون باله ۲۰ درجه، ۲۰ سانتی‌متر و ۲/۲۱ کیلومتر بر ساعت و برای حالت تیغه باله‌دار به‌ترتیب برابر ۳۰ درجه، ۲۰ سانتی‌متر و ۲/۰۳ کیلومتر بر ساعت به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: زاویه حمله بهینه تیغه، سرعت پیشروی بهینه، سطح به‌هم‌خوردگی خاک، عمق خاک‌ورزی بهینه، مقاومت کششی

مقدمه

خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات مزرعه‌ای است که به منظور بهبود ساختار و شرایط فیزیکی خاک و کمک به تهیه بستر رشد گیاه انجام می‌شود (Or and Ghezzehei, 2002). به منظور کاهش انرژی مصرفی در عملیات آماده‌سازی بستر بذر، سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی جایگزین خاک‌ورزی مرسوم شده‌اند (Tabatabaeefar *et al.*, 2009; Nasseri, 2019; Moitzi *et al.*, 2019). با توسعه خاک‌ورزی حفاظتی، نه تنها از تعداد تردد تراکتور بلکه مصرف سوخت، نیروی کار و فرسایش خاک نیز کاهش می‌یابد. خاک‌ورزی حفاظتی به دو شیوه کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم) اجرا می‌شود. در روش کم‌خاک‌ورزی، سطح مزرعه با عمق کم شخم زده می‌شود در حالی‌که در روش بی‌خاک‌ورزی فقط شیارهایی در سطح مزرعه به منظور کاشت بذر ایجاد می‌شود و بقیه سطح مزرعه دست‌نخورده باقی می‌ماند (Reicosky and Allmaras, 2003; Renton and Flower, 2015; Karayel, and Sarauskis, 2019). مقدار نیروی وارد بر خاک‌ورز از طرف خاک می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله هندسه ابزار خاک‌ورز و شرایط عملیات قرار گیرد (Abbaspour-Fard *et al.*, 2014; Ibrahmi *et al.*, 2015). در خاک‌ورزی حفاظتی تیغه خاک‌ورز از اهمیت خاصی برخوردار است و می‌تواند بر کیفیت خاک‌ورزی و نیروی مقاومت کششی ابزار خاک‌ورز موثر باشد. به منظور بهبود اثر بخشی خاک‌ورزی حفاظتی، درک روند حرکت خاک و نیروهای اعمالی از طرف توده خاک به ابزار خاک‌ورز ضروری است (Armin Fotouhi and Szyszkowski, 2017; Ibrahmi *et al.*, 2017). در این راستا تحقیقی به منظور پیش‌بینی معادله‌ای برای مصرف سوخت تراکتور ITM-399 هنگام خاک‌ورزی انجام شد. اثر عرض تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی بر میزان مصرف سوخت یک خاک‌ورز قلمی ۹ شاخه سوار در خاک لومی‌رسی بررسی و سپس معادله‌ای به روش تحلیل ابعادی ارائه شد (Karparvarfard and Rahmanian-Koushkaki, 2015). در تحقیقی اثر عمق کار و زاویه حمله خاک‌ورز زیرشکن تیغه مورب بر مقاومت کششی و سطح مقطع خاک به‌هم‌خورده بررسی شد، عمق به‌عنوان فاکتور اصلی و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲- دانشیار بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۴- دانشجوی دکتری مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: karparvr@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v11i2.84823

زاویه حمله به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها حاکی از افزایش مقاومت کششی با افزایش عمق و زاویه حمله تیغه بود. با افزایش عمق کار، سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک نیز افزایش یافت، اما زاویه حمله تیغه تأثیری بر سطح برهم‌خورده خاک نداشت (Eshaghbagi *et al.*, 2004). در تحقیقی دیگر از طرح جدید یک تیغه باریک خاک‌ورز با زاویه تمایل جانبی ۱۰ درجه به‌منظور امکان‌سنجی حذف باله از آن و مقایسه با تیغه شاهد استفاده شد. عوامل آزمایشی شامل نوع تیغه (تیغه با زاویه تمایل جانبی ۱۰ درجه، تیغه با زاویه تمایل جانبی ۱۰ درجه با باله و تیغه شاهد)، عمق شخم و سرعت پیشروی بودند. نیروی کششی، مقاومت ویژه، سطح به‌هم‌خوردگی خاک و مصرف سوخت به‌عنوان صفات اندازه‌گیری شده در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد، نیروی مقاومت کششی تیغه‌های زاویه‌دار با و بدون باله نسبت به تیغه شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش و سطح به‌هم‌خوردگی خاک در تیغه با زاویه تمایل ۱۰ درجه با و بدون باله نسبت به تیغه شاهد کاهش یافت (Azimi zadeh *et al.*, 2019). به‌منظور بهبود عملکرد تیغه جدید ذکر شده تحقیقی با هدف تعیین مقادیر زاویه تمایل جانبی، سرعت و عمق بهینه تیغه انجام شد. بدین منظور، اثر چهار زاویه تمایل جانبی (صفر، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه)، دو سطح عمق خاک‌ورزی (۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر)، و سه سطح سرعت پیشروی (۳، ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت) بر نیروی مقاومت کششی، مقاومت ویژه، سطح به‌هم‌خوردگی خاک و مصرف سوخت بررسی شد. طبق نتایج به‌دست آمده، مقادیر بهینه عمق خاک‌ورزی برای تیغه‌های با باله و بدون باله، ۲۰ سانتی‌متر و همچنین بهینه زاویه تمایل و سرعت پیشروی در هر دو حالت با باله و بدون باله به‌ترتیب ۲۵ و ۲۴/۸ درجه و ۳/۳ و ۳/۵ کیلومتر بر ساعت به‌دست آمد (Mohammadi *et al.*, 2018).

همان‌طور که از بررسی منابع پیداست علاوه بر زاویه تمایل جانبی، زاویه حمله یک تیغه نیز می‌تواند در عملکرد یک ابزار خاک‌ورز قلمی تاثیرگذار باشد بنابراین بررسی تاثیر زاویه حمله تیغه مجهز به زاویه تمایل جانبی بر کیفیت خاک‌ورزی و نیروی اعمالی از طرف خاک به ابزار ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق، تعیین زاویه حمله بهینه تیغه خاک‌ورز و بررسی اثر تغییرات این زاویه بر میزان نیروی مقاومت کششی در مزرعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات خاک‌ورز و تیغه

در این تحقیق از یک واحد خاکورز قلمی روی شاسی از نوع سوارشونده ساخت شرکت اُزتپراک[1] کشور ترکیه مورد استفاده قرار گرفت. تیغه مورد استفاده در این پژوهش مجهز به زاویه تمایل جانبی ۲۵ درجه با خواص مکانیکی ارائه شده در جدول ۱ بود (شکل ۱). این تیغه در سه زاویه حمله ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه و دو در عمق ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر و دو سرعت ۲ و ۳ کیلومتر بر ساعت مورد ارزیابی قرار گرفت. مکانیزمی به منظور تغییر زاویه حمله در محل اتصال ساقه به شاسی تعبیه شده بود (شکل ۱).

جدول ۱– ویژگی‌های مکانیکی تیغه استفاده شده در این پژوهش
Table 1- The mechanical properties of the blade used in this study

نوع فولاد Type of steel	مدول کشسانی (MPa) Young' modulus (E)	ضریب پواسون Poisson's ratio (υ)	چگالی ($kg.m^{-3}$) Density (ρ)
فولاد ST52 Steel ST52	2×10^5	0.30	7850

وضعیت عمومی مزرعه آزمایش

داده‌برداری در مزرعه تحقیقاتی قطعه ۲۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) انجام شد. در این مزرعه گندم کشت شده بود و کاه و کلش آن در سطح زمین وجود داشت. خاک مزرعه شامل ۲۱ درصد شن، ۴۰ درصد سیلت و ۳۹ درصد رس و کلاس بافت خاک، سیلتی-رسی با رطوبت حدود ۱۳٪ و چگالی ظاهری ۱/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. نیروی مقاومت کششی، مصرف سوخت تراکتور، لغزش چرخ محرک تراکتور، سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک، سطح مقطع بالاآمده خاک و مقاومت ویژه خاک‌ورز (نسبت نیروی مقاومت کششی به سطح به‌هم خورده)، شش صفت اندازه‌گیری شده‌ای بودند که به‌عنوان عوامل مستقل مد نظر قرار گرفتند. مزرعه آزمایشی بر اساس آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی کرت‌بندی گردید. در طرح کرت‌های خرد شده، هر کرت اصلی به چند کرت کوچک‌تر (۳×۵۰ متر مربع) تقسیم‌بندی شد.

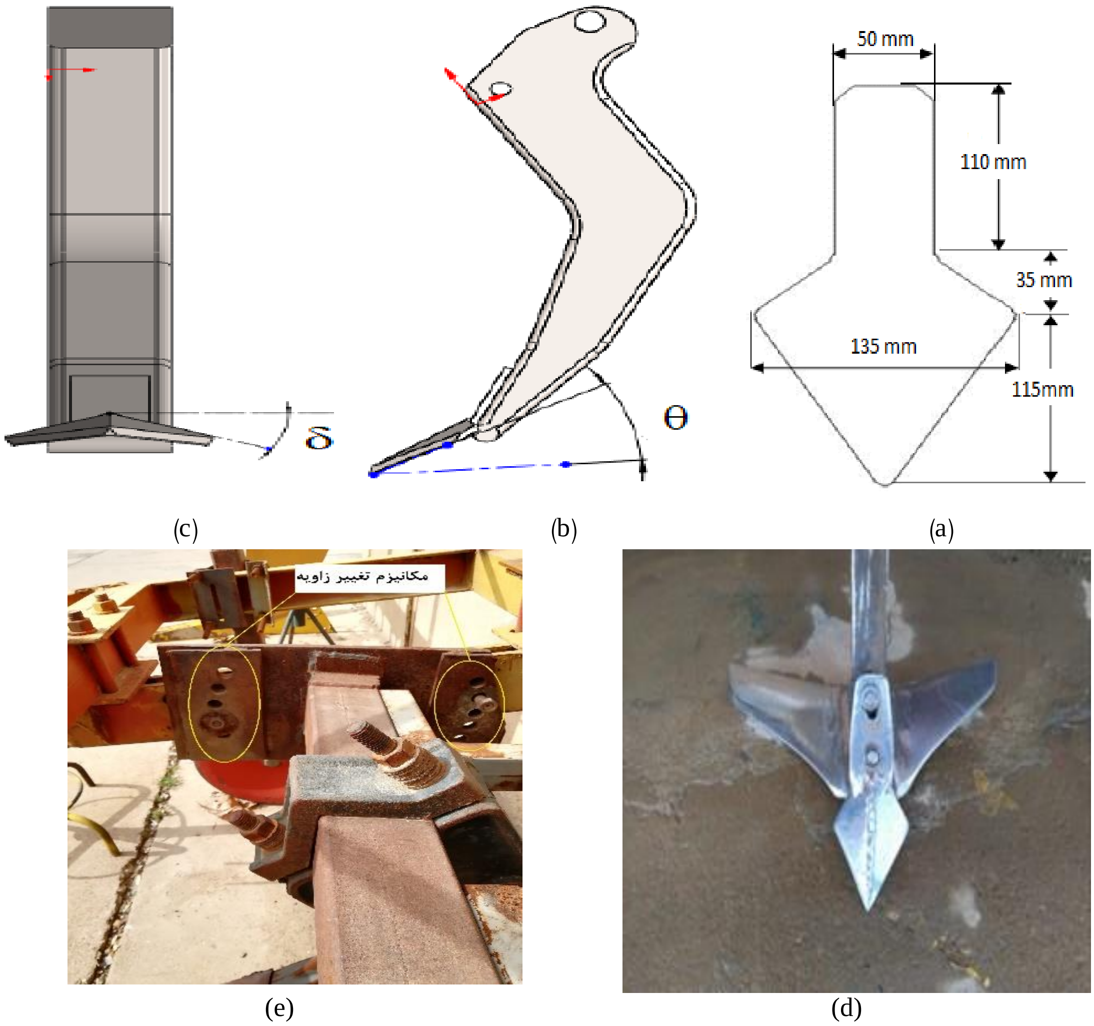
اندازه‌گیری نیروی مقاومت کششی

برای اندازه‌گیری نیروی مقاومت کششی خاک‌ورز از روش آزمون دو تراکتوری[2] (روش RNAM) استفاده شد (شکل ۲). به‌منظور واسنجی بارسنج از نوع S شکل کششی- فشاری با ظرفیت ۵ تن از دستگاه اینستران (دستگاه تست یونیورسال) مدل ASTM-۲۰ ساخت شرکت سنتام[3] استفاده شد. ضریب تبیین نمودار واسنجی این حسگر برابر ۰/۹۹ بود.

1- Oztoprak

2- Regional Network for Agricultural Machinery

3- Santam



شکل ۱- الف) ابعاد تیغه مورد آزمایش، ب) نمایش زاویه حمله تیغه (θ)، ج) زاویه تمایل جانبی تیغه (δ)، د) تیغه با باله، و) مکانیزم تغییر زاویه حمله

Fig.1. (a) Dimensions of the tested blade, (b) Display the blade rake angle, (c) Blade lateral tilt angle , (d) Winged blade, Rake angel change mechanism



شکل ۲- آزمایش دو تراکتوری برای اندازه‌گیری نیروی کشش

Fig.2. (a) RNAM method of measuring the draft by two tractor

سنجش سرعت پیشروی و میزان لغزش چرخ‌های محرک تراکتور در عملیات خاک‌ورزی

برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی تراکتور از دو سرعت‌سنج استفاده شد. یکی از سرعت‌سنج‌ها به چرخ پنجم و دیگری بر روی چرخ عقب تراکتور متصل بودند (شکل ۳). با داشتن شعاع غلتشی چرخ محرک عقب تراکتور و تعداد دوران آن مسافت طی شده توسط چرخ عقب تراکتور به‌دست می‌آمد. در این صورت مقدار لغزش چرخ محرک عقب تراکتور از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$\text{slip} = \frac{d_2 - d_1}{d_2} \times 100 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، d_1 مسافت طی شده توسط چرخ پنجم و d_2، مسافت طی شده توسط چرخ محرک عقب است. نمودار واسنجی سرعت پیشروی تراکتور با ضریب تبیین ۰/۹۸ نیز رسم گردید.



شکل ۳- نمایش دورسنج متصل به (الف) چرخ پنجم، (ب) چرخ عقب تراکتور، (ج) دبی‌سنج‌های استفاده شده (۱- جهت حرکت سوخت، ۲- دبی‌سنج اول، ۳- دبی‌سنج دوم)

Fig.3. Display the Encoder connected to (a) Fifth wheel, (b) Tractor rear wheel, (c) Display used flow meters (1- Fuel movement direction, 2- First flow meter, 3- Second flow meter)

اندازه‌گیری سوخت مصرفی تراکتور

برای اندازه‌گیری سوخت مصرفی تراکتور، از دو دبی‌سنج توربینی مدل VISION-1000 ساخت شرکت ریمگ کشور کره جنوبی استفاده شد. محدوده اندازه‌گیری دبی‌سنج‌ها بین۰/۲ الی ۱/۵ لیتر بر دقیقه بود. دبی‌سنج اول در مسیر رفت سوخت به پمپ انژکتور و دبی‌سنج دوم در مسیر برگشت سوخت به مخزن تعبیه گردید. دبی‌سنج توربینی مسیر رفت و دبی‌سنج توربینی مسیر برگشت به‌ترتیب دارای ضریب تبیین ۰/۹۹۷ و ۰/۹۹۵ بودند.

اندازه‌گیری سطح مقطع به‌هم‌خورده و بالاآمده خاک

در این پژوهش برای اندازه‌گیری سطح مقطع به‌هم‌خورده و بالاآمده خاک، از متر لیزری لایکا مدل DistoD8، ساخت کشور اتریش استفاده گردید (شکل۴- الف). به‌منظور بررسی دقت و صحت عملکرد متر لیزری، عملکرد این دستگاه با پروفیل‌متر مقایسه شد. بدین منظور ابتدا به‌صورت دستی سطح بالاآمدگی و به‌هم‌خوردگی خاک ایجاد گردید سپس با هر دو روش، سطح بالاآمدگی و به‌هم‌خوردگی اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، همین آزمون در مزرعه با ۵ تکرار انجام شد. به نحوی که در هر تکرار ابتدا سطح بالاآمدگی و به‌هم‌خوردگی به‌وسیله متر لیزری و پروفیل‌متر اندازه‌گیری شد و سپس با ترسیم نتایج حاصل از دو روش، مقدار ضریب تبیین ارتباط بین داده‌های سطح بالاآمدگی و به‌هم خوردگی به‌ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۹۴ به‌دست آمد (شکل ۵- الف و ب).

بهینه‌سازی عملکرد دستگاه خاک‌ورز از لحاظ عوامل آزمایش در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار، با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره

جهت تعیین نقطه بهینه کارکرد دستگاه خاک‌ورز از نظر زاویه حمله تیغه، سرعت پیشروی و عمق خاک‌ورزی، سه معادله رگرسیون برای وضعیت تیغه بدون باله و سه معادله رگرسیون نیز برای تیغه باله‌دار ارائه شد. در این پژوهش از معادلات رگرسیونی چند متغیره خطی استفاده گردید. در این روش بین متغیرهای وابسته Y و متغیرهای مستقل $X_1+X_2+\ldots+X_n$ یک رابطه خطی برقرار است و مقدار به‌دست آمده برای تابع صرفاً به تغییر یک متغیر مستقل X بستگی ندارد و تغییرات چند متغیر باعث تغییر در تابع می‌شود. معادله رگرسیون به‌کار برده شده برای هر دو حالت تیغه بدون باله و باله‌دار به شکل رابطه (۲) است.

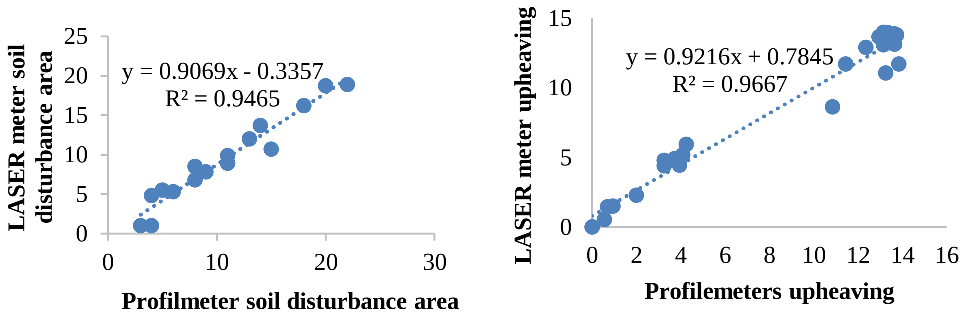
$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \cdots + \alpha_n X_n \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) a_0 تا a_n را ضرایب رگرسیون می‌نامند. در این روش، زاویه حمله تیغه، سرعت پیشروی و عمق خاک‌ورزی به‌عنوان متغیرهای وابسته و نیروی مقاومت کششی، مقاومت ویژه، مصرف سوخت، لغزش، سطح مقطع به‌هم‌خورده و بالاآمده خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد.



(b) (a)

شکل ٤- (الف) متر لیزری، (ب) پروفیل‌متر
Fig.4. (a) Laser meter, (b) Profilmeter



(b) (a)

شکل ۵- ارتباط بین داده‌های متر لیزری و پروفیل‌متر (الف) بالاآمدگی (ب) سطح به‌هم‌خوردگی خاک
Fig.5. The correlation between laser meter and profilmeter data for (a) Soil upheaving, (b) Soil disturbance area

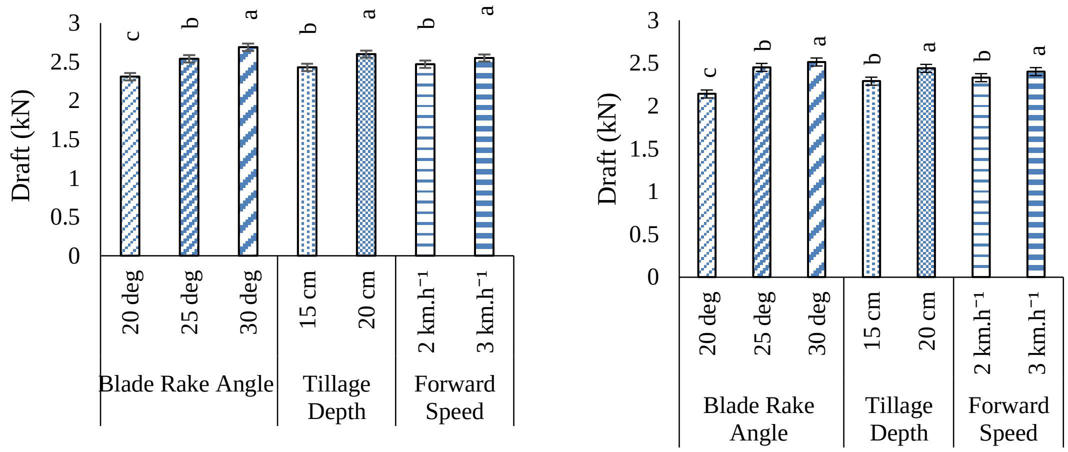
نتایج و بحث

نیروی مقاومت کششی خاک‌ورز

شکل‌های (۶- الف و ب) مقایسه میانگین نیروی مقاومت کششی خاک‌ورز در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار را نشان می‌دهند.

با توجه به شکل ۶ مقادیر میانگین نیروی مقاومت کششی مربوط به وضعیت تیغه بدون باله در زوایای مختلف حمله تیغه، دارای اختلاف معنی‌دار است. با مشاهده نتایج می‌توان گفت؛ هرچه زاویه حمله تیغه افزایش یابد میزان نیروی کششی نیز افزایش می‌یابد. کم‌ترین مقدار نیروی مقاومت کششی در این وضعیت، مربوط به تیغه‌ای با زاویه حمله ۲۰ درجه می‌باشد. همچنین مقادیر میانگین نیروی مقاومت کششی در وضعیت تیغه باله‌دار در اثر عامل زاویه حمله تیغه، دارای اختلاف معنی‌دار است. در این وضعیت نیز کم‌ترین مقدار نیروی مقاومت کششی مربوط به تیغه‌ای با زاویه حمله ۲۰ درجه می‌باشد. مقادیر میانگین نیروی مقاومت کششی خاک‌ورز در هر دو وضعیت تیغه بدون باله و باله‌دار در دو عمق شخم، دارای اختلاف معنی‌دار است. با افزایش عمق شخم، نیروی مقاومت کششی نیز افزایش می‌یابد. در تحقیقی، محققین گزارش کردند که علت افزایش نیروی مقاومت کششی با افزایش عمق خاک‌ورزی، می‌تواند در اثر ازدیاد وزن خاک روی لایه‌های پایینی و احتمالاً افزایش چگالی ظاهری خاک باشد که منجر به افزایش نیروی اصطکاک بین خاک و تیغه و صرف نیروی بیشتر برای بالا آوردن توده خاک شود (Godwin and Spoor, 1977). مقایسه میانگین نیروی مقاومت کششی در هر دو وضعیت تیغه بدون باله و باله‌دار، در دو سرعت پیشروی نیز دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. به‌طوری که در هر دو حالت، با افزایش سرعت پیشروی، نیروی مقاومت کششی نیز افزایش

می‌یابد. با افزایش سرعت پیشروی خاک‌ورز باریک، مقاومت برشی خاک بیشتر شده و در نتیجه میزان نیروی نیروی مقاومت کششی مورد نیاز آن ابزار نیز افزایش می‌یابد (Rowe and Barnes, 1961). قابل ذکر است که نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج ارایه شده در پژوهش‌های مشابه همخوانی دارد (Mohammadi, 2018; Azimi zadeh *et al.*, 2019).



(b) (a)

شکل ٦– مقایسه میانگین مقادیر نیروی مقاومت کششی خاک‌ورز در حالت (الف) تیغه بدون باله، (ب) تیغه باله‌دار

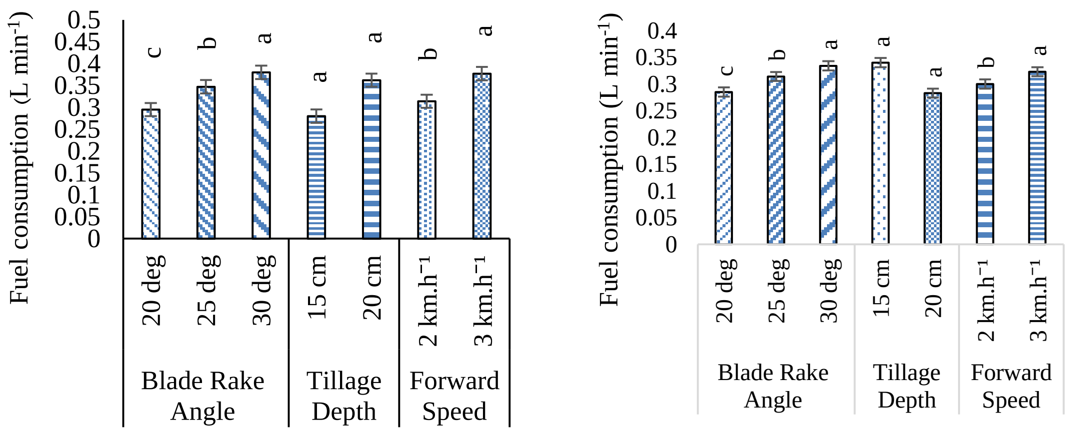
Fig.6. Results of mean comparison of draft values of (a) without wing blade, (b) winged blade

میانگین‌های نمایش داده شده با حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Mean values followed by the same letters are not significantly different ($p<0.05$)

مصرف سوخت تراکتور

شکل‌های (۷– الف و ب) مقایسه میانگین مصرف سوخت تراکتور را به‌ترتیب، در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار نشان می‌دهد. با توجه به شکل، مقادیر میانگین مصرف سوخت تراکتور مربوط به زوایای مختلف حمله تیغه و دو سطح سرعت پیشروی در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. به‌طوری که با افزایش زاویه حمله تیغه و سرعت پیشروی، میزان مصرف سوخت تراکتور نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان مصرف سوخت در هر دو حالت، مربوط به تیغه‌ای با زاویه حمله ۲۰ درجه می‌باشد.



(b) (a)

شکل ۷– مقایسه میانگین میزان مصرف سوخت تراکتور در حالت (الف) تیغه بدون باله، (ب) تیغه باله‌دار

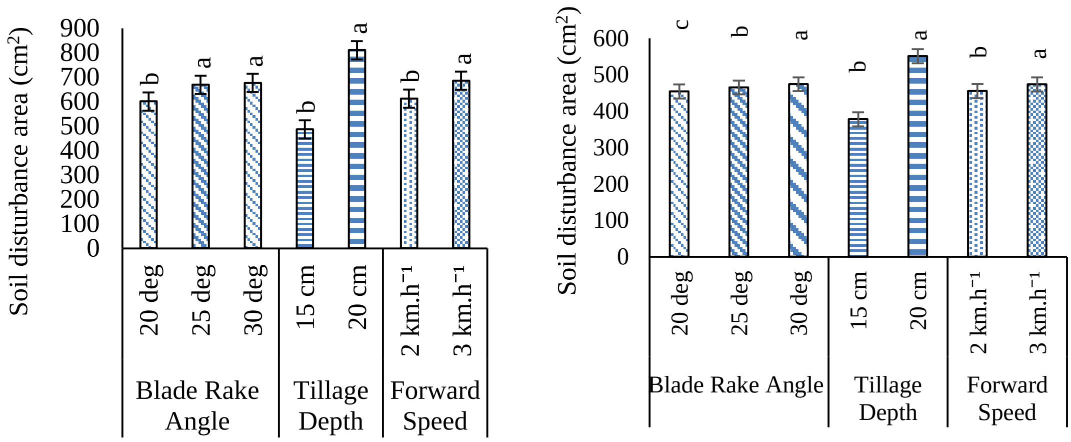
Fig.7. Results of mean comparison of tractor fuel consumption when using tillage tool with (a) non-winged blade, (b) winged blade

میانگین‌های نمایش داده شده با حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Mean values followed by the same letters are not significantly different ($p<0.05$)

سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک

شکل‌های (۸-الف و ب) مقایسه میانگین سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک را در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار نشان می‌دهد. با توجه به شکل، مقادیر میانگین سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک مربوط به زوایای مختلف حمله تیغه، دو سطح عمق خاک‌ورزی و دو سطح سرعت پیشروی در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. به‌طوری که با افزایش زاویه حمله تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی، مقدار سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک نیز بیشتر شده است. نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که بیشترین مقدار سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک در این حالت، مربوط به تیغه‌ای با زاویه حمله ۳۰ درجه می‌باشد. با افزایش زاویه حمله تیغه از ۲۰ به ۲۵ درجه، اختلاف معنی‌داری در مقادیر میانگین سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک در حالت تیغه باله‌دار حاصل می‌شود. اما با افزایش زاویه از ۲۵ به ۳۰ درجه، اختلاف معنی‌داری در مقادیر میانگین مشاهده نمی‌شود. بیشترین میزان سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک در این وضعیت نیز مربوط به تیغه‌ای با زاویه حمله ۳۰ درجه است. عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی نیز بر مقادیر میانگین سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک در حالت تیغه باله‌دار تاثیرگذار بوده و دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر، با افزایش هردو متغیر زاویه حمله و عمق خاک‌ورزی، مقادیر سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک نیز بیشتر شده است. قابل ذکر است که محمدی و همکاران و عظیمی‌زاده و همکاران در تحقیقاتی جداگانه به نتایجی مشابه دست پیدا کردند (Mohammadi *et al.*, 2018; Azimizadeh *et al.*, 2019).



(b) (a)

شکل ۸- مقایسه میانگین مقادیر سطح به‌هم‌خورده خاک در حالت (الف) تیغه بدون باله، (ب) تیغه باله‌دار

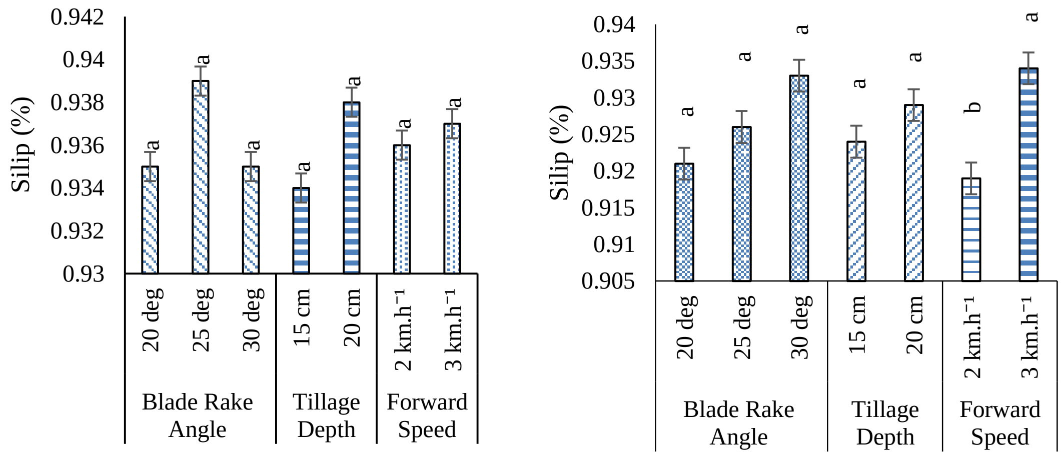
Fig.8. Results of mean comparison of soil disturbance area when using tillage tool with (a) non-winged blade, (b) winged blade

میانگین‌های نمایش داده شده با حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Mean values followed by the same letters are not significantly different ($p<0.05$)

لغزش چرخ محرک تراکتور

با توجه به شکل (۹- الف)، مقادیر میانگین لغزش چرخ‌های محرک تراکتور در حالت تیغه بدون باله، در اثر سه زاویه حمله تیغه و دو سطح عمق خاک‌ورزی معنی‌دار نشده اما در دو سطح سرعت پیشروی معنی‌دار شده است. بنابراین با افزایش زاویه حمله تیغه و عمق خاک‌ورزی مقادیر میانگین لغزش چرخ‌های محرک تراکتور تغییری نمی‌کند. اما در اثر افزایش سرعت تراکتور، مقادیر میانگین لغزش افزایش می‌یابد. با توجه به شکل (۹-ب) مقادیر میانگین لغزش چرخ‌های محرک تراکتور در حالت تیغه باله‌دار، در اثر سه زاویه حمله تیغه، دو سطح عمق خاک‌ورزی و دو سطح سرعت پیشروی معنی‌دار نشده است. بنابراین با افزایش زاویه حمله تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی، مقادیر میانگین لغزش چرخ‌های محرک تراکتور تغییری نمی‌کند.



(b)　　　　(a)

شکل ۹- مقایسه میانگین درصد لغزش چرخ تراکتور در حالت (الف) تیغه بدون باله، (ب) تیغه باله‌دار

Fig.9. Results of mean comparison of slippage when using tillage tool with (a) non-winged blade, (b) winged blade

میانگین‌های نمایش داده شده با حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Mean values followed by the same letters are not significantly different (p<0.05)

مقاومت ویژه خاک‌ورز

مقایسه میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز در سطوح مختلف عوامل آزمایش در وضعیت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار، به‌ترتیب در شکل‌های (۱۰ -الف و ب) نشان داده شده است. با توجه به شکل، مقادیر میانگین مقاومت ویژه خاکورز در حالت تیغه باله‌دار، در اثر سه زاویه حمله تیغه، دو سطح عمق خاک‌ورزی و دو سطح سرعت پیشروی معنی‌دار نشده است. بنابراین با افزایش زاویه حمله تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی، مقادیر میانگین مقاومت ویژه چرخ‌های محرک تراکتور تغییری نمی‌کند. نتایج حاصله از شکل ۱۰ نشان می‌دهد که اثر عامل عمق خاک‌ورز بر میانگین مقدار مقاومت ویژه خاک‌ورز، در حالت تیغه بدون باله معنی‌دار بوده است. یعنی با افزایش عمق خاک‌ورزی، مقاومت ویژه خاک‌ورز نیز افزایش می‌یابد. در حالت تیغه باله‌دار، سه زاویه حمله تیغه بر مقادیر میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز اثر معنی‌داری داشته است. به بیان دیگر، با افزایش زاویه حمله تیغه از ۲۰ به ۲۵ درجه، مقادیر میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز افزایش یافته اما با تغییر زاویه از ۲۵ به ۳۰ درجه، تفاوتی در مقادیر میانگین مقاومت ویژه مشاهده نمی‌شود. بنابراین، در این حالت می‌توان زاویه ۲۰ درجه را بهترین زاویه حمله تیغه در نظر گرفت. اثر دو سطح عمق خاک‌ورزی نیز بر مقادیر میانگین مقدار مقاومت ویژه خاک‌ورز در حالت تیغه باله‌دار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است. همچنین دو سطح سرعت پیشروی بر مقادیر میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز در حالت تیغه باله‌دار، اثر معنی‌دار دارد. یعنی با افزایش سرعت مقادیر میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز نیز افزایش می‌یابد این نتایج با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات مشابه همخوانی داشت (Mohammadi, 2018; Azimi zadeh *et al.*, 2019).

تعیین مقدار بهینه زاویه حمله تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی در حالت‌های تیغه بدون باله و باله‌دار

برای تعیین زاویه حمله بهینه تیغه، عمق خاک‌ورزی و سرعت پیشروی از روش رگرسیون چند متغیره و نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. روابط (۳) تا (۸) بیانگر معادله‌های رگرسیون به‌دست آمده جهت بهینه‌سازی هر یک از پارامترها است.

$$[RA_{opt}]_1 = -13.08 - 15.17\,D + 51.277\,F - 0.0299\,S \quad (۳)$$

$$[RA_{opt}]_2 = -56.847 - 4718\,F + 0.293\,SUA - 49.35\,S + 5.15\,SD \quad (۴)$$

$$[D_{opt}]_1 = 8.21 - 1.185\,D + 0.0328\,SAD - 0.0128\,SUA \quad (۵)$$

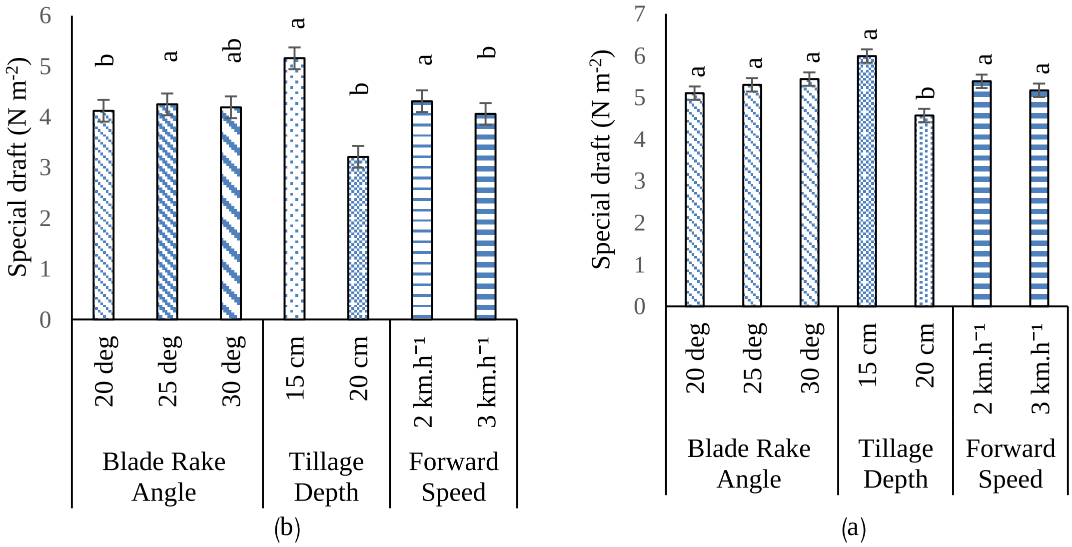
$$[D_{opt}]_2 = 27.44 + 1.752\,D - 10.724\,F - 2.54\,SD \quad (۶)$$

$$[V_{opt}]_1 = -12.669 - 1.32\,D + 13.818\,F - 0.00359\,SDA + 16.89\,S \quad (۷)$$

$$[V_{opt}]_2 = -4.62 - 1.257\,D + 15.619\,F + 4.52\,S + 0.154\,S \quad (۸)$$

در روابط (۳) تا (۸)، $[RA_{opt}]_1$ مقدار بهینه زاویه حمله تیغه بدون باله، $[RA_{opt}]_2$ مقدار بهینه زاویه حمله تیغه باله‌دار، $[D_{opt}]_1$ عمق بهینه تیغه بدون باله، $[D_{opt}]_2$ عمق بهینه تیغه باله‌دار، $[V_{opt}]_1$ سرعت پیشروی بهینه تیغه بدون باله، $[V_{opt}]_2$ سرعت پیشروی بهینه تیغه باله‌دار می‌باشد. برای تعیین مقدار بهینه هر پارامتر، کم‌ترین میزان نیروی مقاومت کششی (D)، کم‌ترین میزان مصرف سوخت (F)، کم‌ترین میزان لغزش (S)، بیشترین میزان سطح

مقطع به‌هم‌خورده خاک (SDA)، بیشترین میزان سطح مقطع بالاآمده خاک (SUA) و کم‌ترین میزان مقاومت ویژه خاک‌ورز (SD) استخراج و در روابط (۳ الی ۸) جای‌گذاری شد. در نهایت با محاسبه این روابط، مقدار بهینه هر یک از متغیرها محاسبه شد. زاویه بهینه حمله برای حالت تیغه بدون باله ۲۰ درجه با ضریب تبیین ۰/۷۳ و برای حالت تیغه باله‌دار به میزان ۳۰ درجه با ضریب تبیین ۰/۹ به‌دست آمد. مقدار عمق بهینه، برای حالت تیغه بدون باله به میزان ۱۹/۹۸ سانتی‌متر با ضریب تبیین ۰/۹۹ و برای حالت تیغه باله‌دار به میزان ۲۰ سانتی‌متر با ضریب تبیین ۰/۹۷ محاسبه شد. مقدار سرعت پیشروی بهینه برای وضعیت تیغه بدون باله، ۲/۲۱ کیلومتر بر ساعت با ضریب تبیین ۰/۴۳ و برای وضعیت تیغه باله‌دار، ۲/۰۳ کیلومتر بر ساعت با ضریب تبیین ۰/۸۴ به‌دست آمد.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین مقاومت ویژه خاک‌ورز در حالت (الف) تیغه بدون باله، (ب) تیغه باله‌دار

Fig.10. Results of mean comparison of specific draft when using tillage tool with (a) non-winged blade, (b) winged blade

میانگین‌های نمایش داده شده با حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Mean values followed by the same letters are not significantly different ($p<0.05$)

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، تعیین زاویه حمله بهینه تیغه خاک‌ورز و بررسی اثر تغییرات این زاویه بر میزان نیروی مقاومت کششی در مزرعه می‌باشد. پارامترهای اندازه‌گیری شده در این پژوهش؛ نیروی مقاومت کششی، مصرف سوخت تراکتور، لغزش چرخ محرک تراکتور، سطح مقطع به‌هم‌خورده خاک، سطح مقطع بالاآمده خاک و مقاومت ویژه خاک‌ورز بودند. زاویه بهینه حمله برای حالت تیغه بدون باله ۲۰ درجه با ضریب تبیین ۰/۷۳ و برای حالت تیغه باله‌دار به میزان ۳۰ درجه با ضریب تبیین ۰/۹ به‌دست آمد. این مقادیر به ازای عمق بهینه، برای حالت تیغه بدون باله به میزان ۱۹/۹۸ سانتی‌متر با ضریب تبیین ۰/۹۹ و برای حالت تیغه باله‌دار به میزان ۲۰ سانتی‌متر با ضریب تبیین ۰/۹۷ قابل توصیه می‌باشند. همچنین مقدار سرعت پیشروی بهینه برای وضعیت تیغه بدون باله، ۲/۲۱ کیلومتر بر ساعت با ضریب تبیین ۰/۴۳ و برای وضعیت تیغه باله‌دار، ۲/۰۳ کیلومتر بر ساعت با ضریب تبیین ۰/۸۴ به‌دست آمد.

References

1. Abbaspour-Fard, M. H., S. A. Hoseini, M. H. Aghkhani, and A. Sharifi. 2014. The behavior of tillage tools with acute and obtuse lift angles. Spanish Journal of Agricultural Research (1): 44-51.
2. Armin, A., R. Fotouhi, and W. Szyszkowski. 2017. Experimental and Finite Element Analysis for Mechanics of Soil-Tool Interaction. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering 11 (2): 433-439.
3. Azimi zadeh, Z., S. H. Karparvarfard, and H. Azimi- Nejadian. 2019. Evaluation of a Narrow Blade to Improving the Combined Tillage performence. Iranian Journal of Biosystems Engineering 50 (2): 253-266. (In Farsi).

4. Eshaghbagi, A., A. Tabatabaeifar, A. Kayhani, and M. H. Raoufat. 2004. The effect of depth and angle of attack on the pull resistance of the subsoiler with a bent blade. Journal of Agricultural Science of Iran 36 (4): 1045-1052.
5. Godwin, R. J., and G. Spoor. 1977. Soil failure with narrow tines. Journal of Agricultural Engineering Research 22 (3): 213-228.
6. Ibrahmi, A., H. Bentaher, E. Hamza, A. Maalej, and A. M. Mouazen. 2017. Advanced analytical method of mouldboard plough's design. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 88 (1-4): 781-788.
7. Ibrahmi, A., H. Bentaher, M. Hbaieb, A. Maalej, and A. M. Mouazen. 2015. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement: Part 1. Finite element simulation. Computers and Electronics in Agriculture 117: 258-267.
8. Karayel, D., and E. Sarauskis. 2019. Environmental Impact of No-Tillage Farming. Environmental Research, Engineering and Management 75 (1): 7-12.
9. Karparvarfard, S. H., and H. Rahmanian-Koushkaki. 2015. Development of a fuel consumption equation: Test case for a tractor chisel-ploughing in a clay loam soil. Biosystems Engineering 130: 23-33.
10. Mohammadi, M., S. H. Karparvarfard, S. Kamgar, and M. Rahmatian. 2018. Optimization and evaluation of working conditions for a new narrow blade for use in combined tillage. Journal of Agricultural Machinery 10 (2). doi:10.22067/jam.v10i2.73914. (In Farsi).
11. Moitzi, G., R. W. Neugschwandtner, H. P. Kaul, and H. Wagentristl. 2019. Energy efficiency of winter wheat in a long-term tillage experiment under Pannonian climate conditions. European Journal of Agronomy 103: 24-31.
12. Nasseri, A. 2019. Energy use and economic analysis for wheat production by 450-459.
13. Or, D., and T. A. Ghezzehei. 2002. Modeling post-tillage soil structural dynamics: a review. Soil and Tillage Research 64 (1-2): 41-59.
14. Reicosky, D. C., and R. R. Allmaras. 2003. Advances in tillage research in North American cropping systems. Journal of Crop Production 8 (1-2): 75-125.
15. Renton, M., and K. C. Flower. 2015. Occasional mouldboard ploughing slows evolution of resistance and reduces long-term weed populations in no-till systems. Agricultural Systems 139: 66-75.
16. Rowe, R. J., and K. K. Barnes. 1961. Influence of speed on elements of draft of a tillage tool. Transactions of the ASAE, 4: 55-57.
17. Tabatabaeefar, A., H. Emamzadeh, M. Ghasemi Varnamkhasti, R. Rahimizadeh, and M. Karimi. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy 34 (1): 41-45.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall - Winter 2021, p. 187-197

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۱۹۷-۱۸۷

Evaluation of the Effect of Rake Angle on the Performance of a Modified Narrow Blade

B. Souri Damirchi Sofla[1], S. H. Karparvarfard[2*], A. Ranjbar Karim Abadi[3], H. Azimi-Nejadian[4], A. Moazni Kalat[5]

Received: 28-12-2019
Accepted: 25-04-2020

Introduction

Tillage is one of the most important field operations to improve soil structure and physical conditions and provide the proper plant site. Conservation tillage is one of the methods of tillage that reduces tillage costs. The blade is one of the most important consumed components of tillage tools in the conservation tillage, which is very important for how it is adjusted and its effect on the quality of tillage and energy required of tillage tools. According to the research conducted on the importance of optimizing tillage implements, the aim of this study was oriented to determine the optimum rake angle of a narrow-modified winged and non-winged blade in the field soil.

Materials and Methods

The tests were conducted in the 22nd part of farms in Agriculture School (Bajgah zone) of Shiraz University. Three levels of blade rake angles (20, 25, and 30 degrees), two levels of tillage depth (15 and 20 cm), and two levels of forward speed (2 and 3 km h^{-1}) were the treatments of this study. Draft, fuel consumption, slippage, soil disturbance area, soil upheaving area, and specific draft were the measured parameters and they were measured for each combination of the treatments. The RNAM test code was then used to measure the draft force. In order to measure fuel consumption, two flow meters were used in the round way as a closed-loop. The encoder and the fifth wheel were also employed to measure the slippage. The profilometer and laser meter were applied to measure the soil upheaving and disturbance areas. The split-split plot on randomized complete block design was used to do the field experiments in three replication and the data analysis was performed by SAS software (9.4 edition). Multivariate linear regression was used to determine the optimum values of the mentioned parameters. For this purpose, the lowest value of draft, fuel consumption, specific draft, tractor driver wheel slip, and the highest soil disturbance and upheaving areas was considered.

Result and Discusion

The results showed that the magnitude of draft increased with rake angle, therefore, the minimum draft was obtained in the rake angle of 20°. As the blade rake angle increased, the amount of soil disturbance area was increased and the maximum soil disturbance was obtained in the rake angle of 30°. The mean slip values of the tractor driver wheels when using non-winged blade were not significant for three levels of blade rake angles and it was significant for two velocity levels. With increasing in rake angle from 20 to 25°, the mean values of specific draft were increased, but with changeing the rake angle from 25 to 30°, there was not significant difference between specific draft values. The difference between the magnitude of tractor driver wheels slip for three levels of rake angle was not significant. Increasing the rake angle had a significant effect on tractor fuel consomption, such that it increased by increasing the rake angle values.

Conclusions

The optimum rake angle for the non-winged blade mode was 20° with R^2 of 0.73 and for the winged blade mode was 30° with R^2 of 0.90. The optimum depth for the non-winged blade was 19.98 cm with R^2 of 0.99 and for the winged blade was 20 cm with R^2 of 0.97. Also, the optimum forward speed values for the non-winged blade was 2.21 km h^{-1} with R^2 of 0.43 and for the winged blade was 2.03 km h^{-1} with R^2 of 0.84.

Keywords: Draft, Optimum blade rake angle, Optimum forward speed, Optimum tillage depth, Soil disturbance area

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
4- PhD Student, Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
5- MSc graduated of Biosystems Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email: karparvr@shirazu.ac.ir)